

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دینامیک گازها و آئروسول ها ته نشینی ذرات در دستگاه تنفسی

دکتر احمد نیک پی
عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین
گروه بهداشت حرفه ای
تاریخ انتشار پاییز ۱۳۹۲
نگارش دوم
nikpey@gmail.com

اهداف آموزشی

- معرفی دستگاه تنفس
- مکانیزم های پاکسازی دستگاه تنفسی
- مکانیزم های ته نشینی در دستگاه تنفسی
- ویژگی های موثر بر ته نشینی ذرات
- مدل های ته نشینی ذرات در بخش های مختلف دستگاه تنفس

منبع

- <http://www.aerosols.wustl.edu/Education/>
- Aerosol technology

وظیفه دستگاه تنفسی

دستگاه تنفسی مسئول انتقال اکسیژن از هوا به خون و انتقال دی اکسید کربن از خون به هوای محیطی است.

5

به نظر شما این مواد پس از انتشار
به کدام
بخش از بدن وارد می شوند

و چقدر در آنجا می مانند؟

Environmental pollution

indoor pollution

SOURCES OF INDOOR POLLUTANTS

Chemicals Released from Modern Building & Furnishing Materials

Combustion Gases from Fireplaces & Woodburning Stoves

Chemical Fumes from Paints & Solvents

Gases including Radon seeping through foundation

Outdoor Air Pollutants

Molds & Bacteria

Chemicals from Cleaning Products

Cigarette Smoke contains some 4,000 Chemicals

Animal Hair & Dander

Carbon Monoxide Fumes from attached garage

6

مقدمه

- همراه با هوای تنفسی ذرات معلق وارد دستگاه تنفسی ما می شوند.

سوال: به نظر شما ذرات چگونه باعث آسیب به ما می شوند؟

مواد با منشأ طبیعی: باکتری ها،
ویروس ها، پلن ها، ذرات نمک
دریا و ...
مواد با منشأ غیر طبیعی: دود
سیگار، خروجی آگزوز وسایط
نقلیه و ...

دستگاه تنفسی

کیسه های هوایی

منطقه راه های تنفسی فوقانی (سر-حنجره)

- پس از ورود هوا، ذرات درشت بر اثر برخورد با مخاط جذب، سپس هوا توسط غشاء مخاطی مرطوب و توسط جریان خون گرم می شود.

- از نای تا آلونل های ریوی، مسیرهای هوایی ۲۳ بار تقسیم می شوند.
- تفاوت بین این سه منطقه در ساختار، الگوی جریان هوا، زمان ماند و حساسیت است.

2013/12/17

respiratory deposition

11

CYW5

ویژگی های بخش های مختلف دستگاه تنفس

Airway	Gener- ation of Branchings	Number of Branchings	Diameter of Airway (mm)	Length of Airway (mm)	Total Cross- Section Area (cm ²)	Velocity (mm/s)	Residence Time in the Airway (ms)
Trachea	0	1	18	120	2.5	3900	30

نظر شما حساس ترین منطقه کدام است؟

bronchus							
Terminal bronchus	11	2000	1.1	3.9	20	520	7.4
Terminal bronchiole	16	66000	0.6	1.6	180	54	31
Alveolar duct	21	2×10^6	0.43	0.7	3200	3.2	210
Alveolar sac	23	8×10^6	0.41	0.5	72000	0.9	550
Alveoli		3×10^8	0.28	0.2			

2013/12/17

respiratory deposition

12

Slide 12

CYW5

A title for this slide?
Wu,Chang-Yu; 04/18/2012

نفوذ ذرات در بخش‌های مختلف دستگاه تنفسی به تفکیک سایز

سایز (μm)	میزان نفوذ
≤ 11	نفوذ نمی‌کنند
۷-۱۱	مجاری بینی
۴/۷-۷	حلق و حنجره
۳/۳-۴/۷	نای و شاخه‌های اولیه برونشی
۲/۱-۳/۳	شاخه‌های برونشی ثانویه تا هفتم
۱/۱ - ۲/۱	برونش‌های انتهایی یا برونش هشتم
۰,۶۵-۱/۱	برونشیول‌های نهم تا بیست و سوم
$\geq 0,65$	کانال‌های آلونلی بیست و چهارم تا بیست و هفتم و آلونل‌ها

ماند و پاکسازی

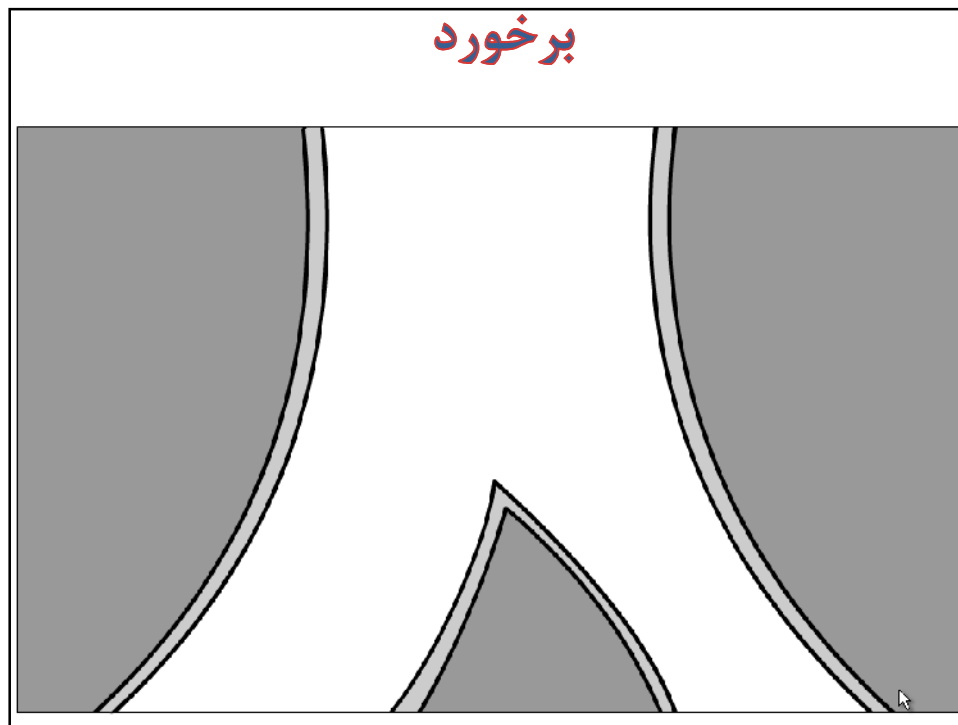
- ماند ذرات ته نشین شده در دستگاه تنفسی وابسته به خصوصیات فیزیکی شیمیایی، محل ته نشینی و مکانیزم های تمیز سازی و پاکسازی درگیر دارد.
- خروج تدریجی ذرات ته نشین شده توسط سیستم موکوسو سیلاری در مدت چند ساعت انجام می شود.
- ناحیه کیسه های هوایی صرفاً جهت تبادل گاز طراحی شده و فاقد مکانیزم پاکسازی موکوسیلاری است. ذرات نامحلول ته نشین شده در این ناحیه پس از بلعیده شدن توسط ماکروفاژهای آلونلی به گره های لنفاوی منتقل می شوند.
- مکانیزم پاکسازی فوق معمولاً تا سال ها به طول می انجامد.

ماند و پاکسازی

- گرد و غبارهای فیبروز را نظیر سیلیس، آزبست، گرد و غبار زغال سنگ در مکانیزم فوق اختلال ایجاد کرده و سبب بروز فیبروز در این ناحیه می شوند.
- آئروسول های رادیو اکتیو نامحلول بواسطه زمان ماند طولانی و پرتو زایی موضعی در محل ته نشینی سبب ایجاد آسیب های جدی در این ناحیه می شوند.
- مواد محلول از غشاء نازک آلوتلی گذشته و به سایر بخش های بدن منتقل می شوند.
- ناحیه آلوتلی با دارا بودن رطوبت، اکسیژن و مواد غذایی فراوان، دمای مناسب، ناحیه مناسبی برای رشد ویروس ها و میکروب های کند رشدی نظیر سل و ناحیه مناسبی برای ورود آئروسول های داوری می باشند.

مکانیزم ته نشینی ذرات

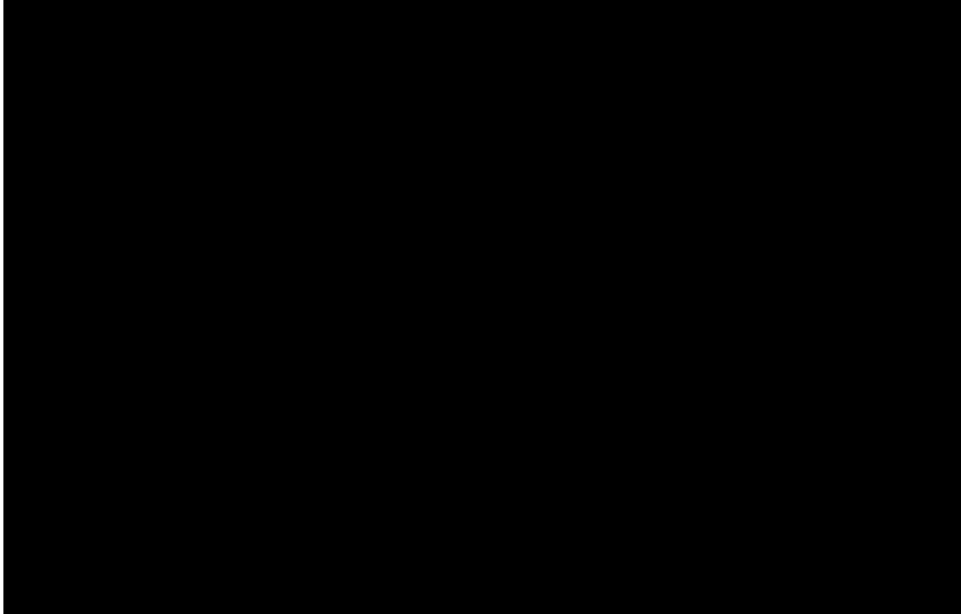
- برخورد، ته نشینی، انتشار، گیر انداختن
- -Impaction
- -Settling
- -Diffusion
- -Interception



برخورد

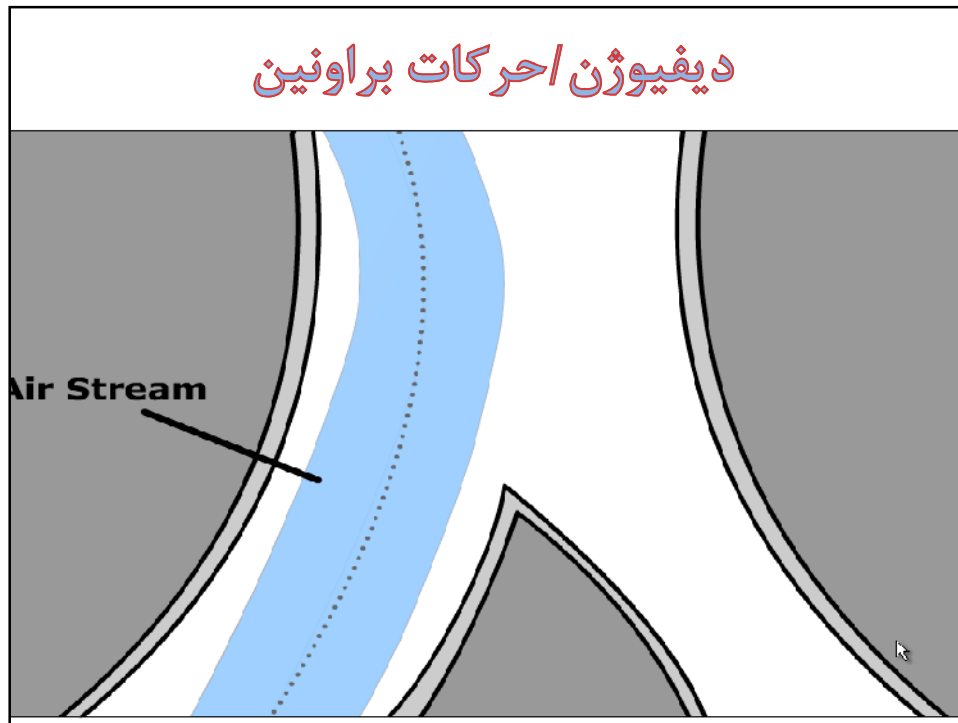
ذرات بر اساس اینرسی که دارند تمایل به دنبال کردن مسیرهای خطی اولیه خود رادر جریان هوا داشته و تمایلی به تبعیت از مسیرهای هوایی منحنی و خطوط جریان منحنی ندارند. برخورد از مهمترین مکانیزم های جداسازی در خصوص ذرات با سایز بزرگ در سرعت های بالا در مسیرهای منحنی ناحیه برونشیاال محسوب می شوند.

ته نشینی



ته نشینی

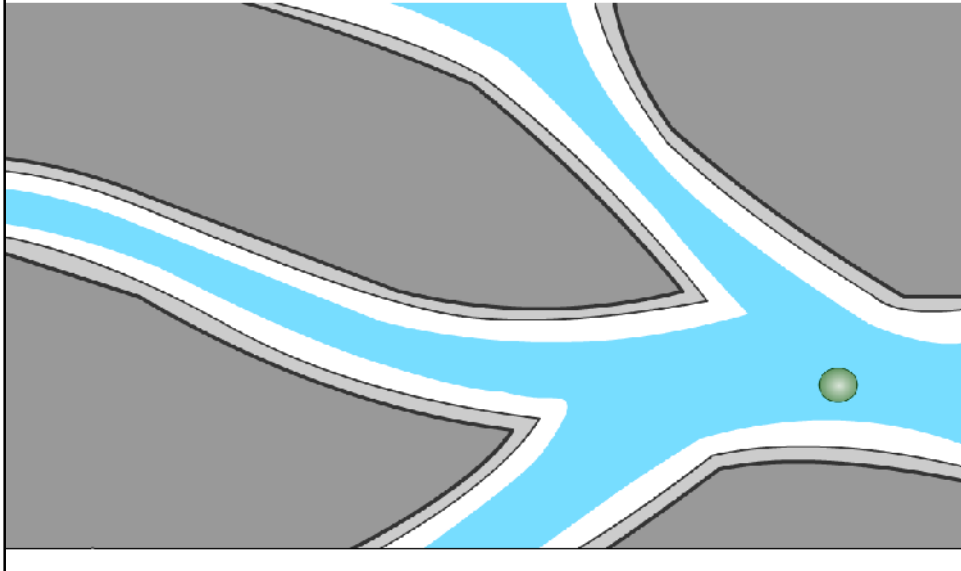
- شرط ته نشینی: سرعت جریان هوا کم، مجاری هوایی باریک
- این پدیده بویژه در مجاری هوایی دور که دورتر از تراکته ها هستند اهمیت پیدا می کند.



دیفیوژن / حرکات براونین

- در مجاری هوایی باریک با طول کوتاه و زمان ماند طولانی، دیفیوژن مهمترین مکانیزم ته نشینی ذرات بسیار کوچک با قطر کم تر از نیم میکرون محسوب می شود.
- از دید ماکروسکوپی این پدیده سبب انتقال ذرات از ناحیه با غلظت بالا (مرکز جریان) به ناحیه با غلظت کمتر (دیواره مجاری هوایی) می شود.
- این پدیده بر اثر برخورد ملکول های گازی ایجاد می شود و کارایی آن با کاهش سایز ذره افزایش می یابد.

گیر انداختن



گیر انداختن

- از اهمیت بالایی در دستگاه تنفسی برخوردار نیست مگر برای الیاف بلند که در یک بعد طولانی هستند.
- این قبیل ذرات می توانند به آسانی از مسیرهای هوایی پر پیچ و خم تا ناحیه آلوئلی هم جلو بروند اگر چه به احتمال زیاد بر اثر مکانیزم گیر انداختن از جریان هوا جدا می شوند.

ویژگی های موثر بر ته نشینی ذرات در دستگاه تنفسی

سایز ذره

تعیین کننده محل ته نشینی ذره.

سایز ذره عامل اصلی در جداسازی مرحله به مرحله ذرات در دستگاه تنفسی است.

رطوبت گیری ذرات **hygroscopicity**

اگر ذره رطوبت گیر باشد در مسیرهای مربوط راههای هوایی رطوبت جذب می کند و به این ترتیب دانسیته و محل ته نشینی ذره تغییر خواهد کرد.

بار سطحی ذرات

این پدیده بر ته نشینی الکترواستاتیک ذرات تاثیر گذار خواهد بود

2013/12/17

respiratory deposition

25

ته نشینی کلی ذرات در دستگاه تنفسی

- International Commission on Radiological Protection(ICRP) points out the total deposition fraction (DF)

$$DF = IF \left(0.0587 + \frac{0.911}{1 + \exp(4.77 + 1.485 \ln d_p)} + \frac{0.943}{1 + \exp(0.503 + 2.58 \ln d_p)} \right)$$

where d_p is particle size in μm , and IF is the inhalable fraction defined as

$$IF = 1 - 0.5 \left(1 - \frac{1}{1 + 0.00076 d_p^{2.8}} \right)$$

2013/12/17

respiratory deposition

26

CYW3

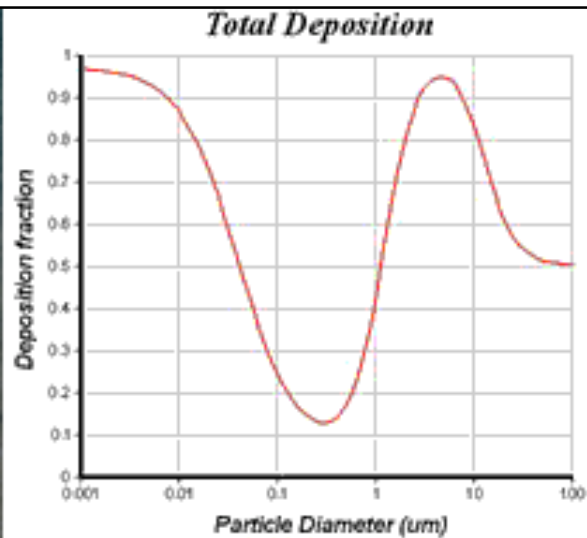
فاکتورهای موثر بر ته نشینی کلی

- نرخ تنفس (تعداد تنفس در دقیقه)
- حجم هوای تنفس شده

2013/12/17

respiratory deposition

27



ذرات بزرگ تر از ۱۰ میکرومتر تنفس نمی شوند و از اینرو ته نشینی کمی دارند، ذرات درشت بواسطه مکانیزم برخورد و ته نشینی و ذرات کوچک بواسطه پدیده انتشار (حرکات براونین) ته نشینی بالایی دارند. کمترین راندمان ته نشینی در سایز بین ۱-۱/۱۰ میکرومتر است چون هیچ یک از مکانیزم های فوق در این محدوده سایزی غالب نیستند.

28

Slide 27

CYW3 Does your answer appear together with your question?
Wu,Chang-Yu; 04/18/2012

ته نشینی ذرات در هر بخش از دستگاه تنفس

For the **Head Airways**,

$$DF_{HA} = IF \left(\frac{1}{1 + \exp(6.84 + 1.183 \ln d_p)} + \frac{1}{1 + \exp(0.924 - 1.885 \ln d_p)} \right)$$

For the **Tracheobronchial region**,

$$DF_{TB} = \left(\frac{0.00352}{d_p} \right) [\exp(-0.234(\ln d_p + 3.40)^2) + 63.9 \exp(-0.819(\ln d_p - 1.61)^2)]$$

For the **Alveolar region**,

$$DF_{AL} = \left(\frac{0.0155}{d_p} \right) [\exp(-0.416(\ln d_p + 2.84)^2) + 19.11 \exp(-0.482(\ln d_p - 1.362)^2)]$$

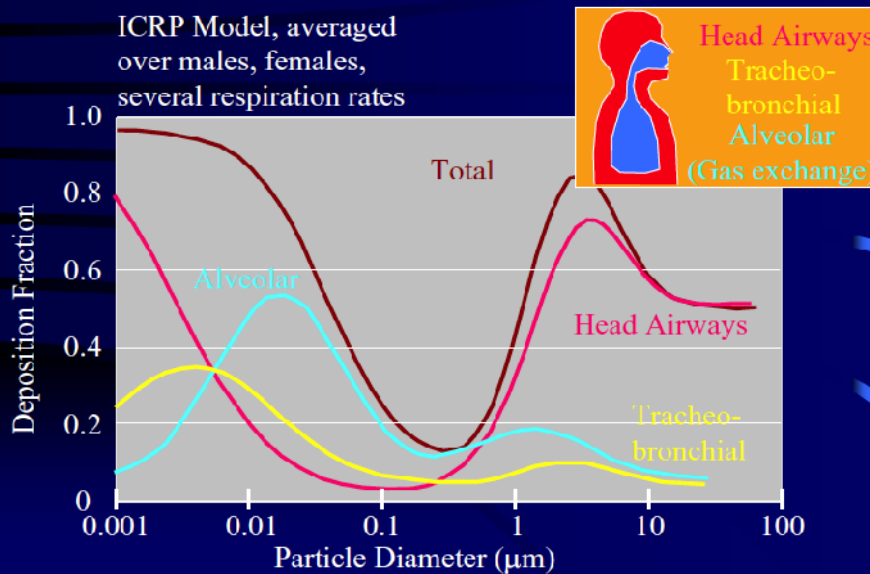
2013/12/17

respiratory deposition

29

II. Respiratory System Deposition

ICRP Model, averaged
over males, females,
several respiration rates



2013/12/17

respiratory deposition

30

متشكرم